

УДК 681.51

Применение вероятностных методов при определении надежности технических систем

Павлова А.К., Хафизова А.Р.

Научные руководители – к.т.н., доцент ЛИВШИЦ С.А., к.х.н., доцент ЮДИНА Н.А.

Если говорить об энергетике, то необходимость обеспечения надежности и бесперебойности, совпадение во времени процессов производства и потребления энергии приводят к тому, что малейшие сбои влекут за собой финансовые потери.

Для защиты потребителей от нарушений топливо- и энергоснабжения риск внезапного выхода из строя производственного, передаточного и распределительного энергетического оборудования должен быть сведён к минимуму, однако по мере отработки оборудованием своего срока службы, данная вероятность растёт. Надежность оборудования, используемого в технологическом процессе производства, передачи, распределения и сбыте энергии, характеризуется такими качественными критериями, как долговечность, безотказность, ремонтпригодность, качество изготовления и эксплуатации.

Любое энергетическое оборудование в процессе работы теряет свои заявленные эксплуатационные характеристики. Наилучшим способом решения проблемы износа является замена отработавшего нормативный срок оборудования новым — современным, экономичным и надёжным. Вместе с тем финансовое состояние предприятий в большинстве случаев не позволяет проводить широкомасштабную модернизацию основных средств. В результате в работе остаётся много изношенного оборудования, часть которого эксплуатируется за пределами нормативных сроков, что повышает риск аварий и снижает надежность работы оборудования. Очевидно, что такие факторы, как экологический, инфраструктурный и репутационный, говорят в пользу применения нового оборудования. В тоже время, основным фактором остается экономическая выгода, для оценки которой может использоваться стоимость жизненного цикла (СЖЦ) оборудования. Сравнение СЖЦ при существующих и при измененных условиях позволяет оценить срок окупаемости затрат за счет общего снижения стоимости и отклонить те изменения, которые не дают существенных преимуществ.

Полная СЖЦ складывается из затрат на приобретение изделия, а так же на ввод изделия в эксплуатацию и поддержание в работоспособном состоянии. Для энергетического оборудования в модели для расчета СЖЦ при оценке затрат на эксплуатацию должны быть учтены: затраты на эксплуатацию (затраты на расходные материалы, инфраструктуру материально-технического снабжения, содержание обслуживающего персонала, системы диагностики и мониторинга); затраты на техническое обслуживание; затраты на плановые ремонты; затраты на проведение внеплановых ремонтов, обусловленных внезапными отказами.

При рассмотрении стоимости продленного жизненного цикла для капитального ремонта/модернизации оборудования, которое уже отработало назначенный срок службы на передний план выходит проблема определения надежности и безопасной работы современных структурно-сложных технических систем и объектов. Причем определение надежности осуществляется в принципе на всех стадиях жизненного цикла, от проектирования и создания, производства, до эксплуатации, использования и утилизации.

На этапе проектирования расчет надежности производится с целью прогнозирования, на этапе испытаний и эксплуатации расчеты надежности проводятся для оценки количественных показателей надежности.

Элементный расчет надежности оценивает техническое состояние объекта

Расчет функциональной надежности - определяет показатели надежности выполнения заданных функций

Выбор того или иного вида расчета надежности определяется техническим заданием на расчет

В первую очередь формулируется задание на расчет, при этом указываются: назначение системы ее состав и основные сведения о функционировании; показатели надежности и признаки отказов, целевое назначение расчетов и требования к точности и достоверности расчетов.

Далее составляется структурная схема системы т.е. наглядное графическое представление при которых работает или не работает исследуемый объект.

Простейшей формой структурной схемы надежности является параллельно-последовательная структура. На ней параллельно соединяются элементы, совместный отказ которых приводит к отказу. В последовательную цепочку соединяются такие элементы, отказ любого из которых приводит к отказу объекта.

Однако не всегда удается условие работоспособности представить в виде простой параллельно-последовательной структуры. В таких случаях используют или логические функции, или графы и ветвящиеся структуры, по которым оставляются системы уравнений работоспособности.

На основе структурной схемы надежности составляется набор расчетных формул.

Относительная простота расчетов надежности, основанных на использовании параллельно-последовательных структур, делают их самыми распространенными в инженерной практике. Однако не всегда условие работоспособности можно непосредственно представить параллельно-последовательной структурой. В этом случае можно сложную структуру заменить ее эквивалентной параллельно-последовательной структурой. К таким преобразованиям относятся:

- преобразование с эквивалентной заменой треугольника на звезду и обратно;
- разложение сложной структуры по базовому элементу.

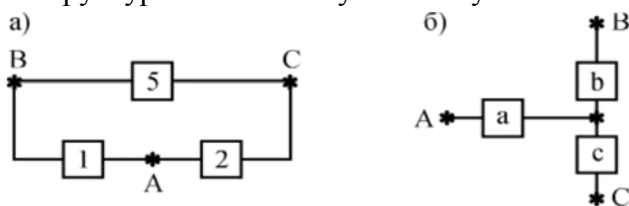


Рисунок 1 – Структурные схемы звезда и треугольник

Идея способа преобразования с помощью эквивалентной замены треугольника на звезду и обратно заключается в том, что узел сложной конфигурации заменяется на узел другой, более простой конфигурации, но при этом подбираются такие характеристики нового узла, что надежности преобразуемой цепи сохранялись прежними.

Пусть, например, требуется заменить треугольник (рис. 1,а) звездой (рис. 1,б) при условии, что вероятность отказа элемента a равна q_{13} , элемента b равна q_{12} , элемента c - q_{23} . Переход к соединению звездой не должен изменить надежность цепей 1-2, 1-3, 2-3. Поэтому значение вероятностей отказов элементов звезды q_1, q_2, q_3 должны удовлетворять следующим равенствам:

$$\left. \begin{aligned} q_1 + q_2 - q_1 q_2 &= q_{12} (q_{23} + q_{31} - q_{23} q_{31}); \\ q_2 + q_3 - q_2 q_3 &= q_{23} (q_{31} + q_{12} - q_{31} q_{12}); \\ q_3 + q_1 - q_3 q_1 &= q_{31} (q_{12} + q_{23} - q_{12} q_{23}). \end{aligned} \right\}$$

Для обратного преобразования звезды в треугольник справедливы следующие равенства:

$$q_{12} = \sqrt{q_1 q_2 / q_3}; \quad q_{23} = \sqrt{q_2 q_3 / q_1}; \quad q_{31} = \sqrt{q_1 q_3 / q_2}.$$

Рассчитав надежность системы в целом и вычислив СЖЦ можно выяснить, что экономически целесообразней в конкретной ситуации: провести капитальный ремонт энергетического оборудования или его замену.